

(11)Publication number : 2000-278931
(43)Date of publication of application : 06.10.2000

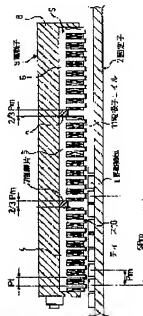
H02K 41/03

(71)Applicant : YASKAWA ELECTRIC CORP
(72)Inventor : MIYAMOTO TADAHIRO
SHIKAYAMA TORU

(57) Abstract:

SOLUTION: An armature is divided into a plurality of armature blocks 4, 5 and 6 which are arranged in a direction of thrust. Teeth 10 as many as an integral multiple of the number of phases are arranged with equal pitches on the block cores 9 of the respective armature blocks.

Armature windings 11 which are concentrated windings are wound on the teeth 10. Gaps corresponding to electrical angles integer-times of a value obtained by dividing a pole pitch by the number of the armature blocks are provided between the armature blocks. The phases of the armature coils are shifted from each other by electrical angles corresponding to the gaps of the armature blocks. With this constitution, phase differences are given to cogging thrusts generated in the respective armature blocks and the cogging thrusts cancel each other so as to have the sum of the thrusts zero.



[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

全項目

(19)【発行国】日本国特許庁(JP)
 (12)【公報種別】公開特許公報(A)
 (11)【公開番号】特開2000-278931(P2000-278931A)
 (43)【公開日】平成12年10月6日(2000. 10. 6)
 (54)【発明の名称】リニアモータ
 (51)【国際特許分類第7版】

H02K 41/03

【FI】

H02K 41/03 A

【審査請求】未請求

【請求項の数】16

【出願形態】OL

【全頁数】20

(21)【出願番号】特願平11-76178

(22)【出願日】平成11年3月19日(1999. 3. 19)

(71)【出願人】

【識別番号】000006622

【氏名又は名称】株式会社安川電機

【住所又は居所】福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

(72)【発明者】

【氏名】宮本 森祐

【住所又は居所】福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内

(72)【発明者】

【氏名】鹿山 透

【住所又は居所】福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内

(74)【代理人】

【識別番号】100073874

【弁理士】

【氏名又は名称】萩野 平(外4名)

【テーマコード(参考)】

5H641

【Fターム(参考)】

5H641 BB06 BB18 BB19 GG02 GG03 GG04 GG08 GG25 HH02 HH10 HH16 JB05

(57)【要約】

【課題】コギング推力の発生を抑え、電機子の長さを小さくし、しかも、コイル温度検出精度を向上できるリニアモータを提供する。

【解決手段】電機子を複数の電機子ブロック4、5、6に分割して準力の方向に配列し、各電機子ブロックのブロックコア9には等ピッチで配列された相数の整数倍のティース10を設けてそこに集中巻にした電機子コイル11を設け、磁極ピッチを電機子ブロック数で除した値の整数倍の電気角に対応する間隙を前記電機子ブロック間に設け、各電機子ブロックの電機子コイルの相互を、電機子ブロック間の間隙に対応する電気角で位相をずらすことにより、各電機子ブロックに生ずるコギング推力に位相差を持たせ、宿殺させて、その和を零にする。

【特許請求の範囲】

【請求項1】等ピッチで配列した界磁磁極と、この界磁磁極と対面する電機子とを備え、この電機子は複数の電機

子ブロックに分割して推力の方向に配列しており、各電機子ブロックのブロックコアは、等ピッチで配列された相数の整数倍のティースと前記ティースに集中巻きした電機子コイルとが設けられ、前記電機子ブロック間には、磁極ピッチを電機子ブロック数で除した値の整数倍の電気角に対応する間隔が設けられ、各電機子ブロックの電機子コイルの相互を、電機子ブロック間の間隔に対応する電気角で位相をずらして巻装してなることを特徴とするリニアモータ。

【請求項2】電機子ブロックのブロック数を3の整数倍とし、各電機子ブロック間に磁極ピッチの $2/3$ の寸法の間隔を設け、各電機子ブロックのブロックコアには $3 \times a$ (a =整数)個のティースを等ピッチで設け、電機子ブロック当たりの界磁磁極数を $2 \times a$ (a =整数)として等ピッチで配列し、第1の電機子ブロックのブロックコアのティースの全てにU相コイル、V相コイル、W相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第2の電機子ブロックのブロックコアのティースの全てにはV相コイル、W相コイル、U相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第3の電機子ブロックのブロックコアのティースの全てにはW相コイル、U相コイル、V相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、電機子ブロック数が3を超える場合は上記のコイル配列を繰返して行い、各電機子ブロックの各相コイルを3相平衡結線したことを特徴とする請求項1のリニアモータ。

【請求項3】電機子ブロックのブロック数を3の整数倍とし、各電機子ブロック間に磁極ピッチの $1/3$ の寸法の間隔を設け、各電機子ブロックのブロックコアには $3 \times a$ (a =整数)個のティースを等ピッチで設け、電機子ブロック当たりの界磁磁極数を $2 \times a$ (a =整数)として等ピッチで配列し、第1の電機子ブロックのブロックコアのティースの全てにU相コイル、V相コイル、W相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第2の電機子ブロックのブロックコアのティースの全てには第1の電機子ブロックとは巻き方向を逆にしてW相コイル、U相コイル、V相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第3の電機子ブロックのブロックコアのティースの全てにはV相コイル、W相コイル、U相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、電機子ブロック数が3を超える場合は上記のコイル配列を繰返して行い、各電機子ブロックの各相コイルを3相平衡結線したことを特徴とする請求項1のリニアモータ。

【請求項4】3個の電機子ブロックを用い、各電機子ブロックの推力方向の長さを界磁磁極ピッチの10倍の長さとし、各電機子ブロックのブロックコアに9個のティースを等ピッチで設け、磁極ピッチの $2/3$ の寸法の間隔を各電機子ブロック間に設けて推力方向に配列し、各電機子ブロックのブロックコアのティースを3個ずつのグループとし、第1の電機子ブロックのブロックコアのティースグループにU相コイル、W相コイル、V相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第2の電機子ブロックのブロックコアのティースグループにV相コイル、U相コイル、W相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第3の電機子ブロックのブロックコアのティースグループにW相コイル、V相コイル、U相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、電機子コイルを 120° の位相差で配列して3相平衡結線したことを特徴とする請求項1記載のリニアモータ。

【請求項5】3個の電機子ブロックを用い、各電機子ブロックの推力方向の長さを界磁磁極ピッチの10倍の長さとし、各電機子ブロックのブロックコアに9個のティースを等ピッチで設け、磁極ピッチの $1/3$ の寸法の間隔を各電機子ブロック間に設けて推力方向に配列し、各電機子ブロックのブロックコアのティースを3個ずつのグループとし、第1の電機子ブロックのブロックコアのティースグループにU相コイル、W相コイル、V相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第2の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに第1の電機子ブロックとは巻き方向を逆にしてW相コイル、V相コイル、U相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第3の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに第1の電機子ブロックと同じ方向でV相コイル、U相コイル、W相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、電機子コイルを 60° の位相差で配列して3相平衡結線したことを特徴とする請求項1記載のリニアモータ。

【請求項6】2個の電機子ブロックを用い、各電機子ブロックの推力方向の長さを界磁磁極ピッチの10倍の長さとし、各電機子ブロックのブロックコアに9個のティースを等ピッチで設け、磁極ピッチの $1/2$ の寸法の間隔を各電機子ブロック間に設けて推力方向に配列し、各電機子ブロックのブロックコアのティースを3個ずつのグループとし、第1の電機子ブロックのブロックコアのティースグループにU相コイル、W相コイル、V相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第2の電機子ブロックのブロックコアのティースグループの第1、第2のティースにはそれぞれW相コイル、第3、第4、第5のティースにはそれぞれV相コイル、第6、第7、第8のティースにはそれぞれU相コイル、第9のティースにはW相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、電機子コイルを 90° の位相差で配列して3相平衡結線したことを特徴とする請求項1記載のリニアモータ。

【請求項7】2個の電機子ブロックを用い、各電機子ブロックの推力方向の長さを界磁磁極ピッチの10倍の長さとし、各電機子ブロックのブロックコアに9個のティースを等ピッチで設け、磁極ピッチの $1/2$ の寸法の間隔を各電機子ブロック間に設けて推力方向に配列し、各電機子ブロックのブロックコアのティースを3個ずつのグループとし、第1の電機子ブロックのブロックコアのティースグループにU相コイル、W相コイル、V相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第2の電機子ブロックのブロックコアのティースグループにV相コイル、U相コイル、W相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、電機子コイルを 90° の位相差で配列して3相平衡結線したことを特徴とする請求項1記載のリニアモータ。

【請求項8】 $2 \times c$ (c =整数)個の電機子ブロックを用い、各電機子ブロックの推力方向の長さを界磁磁極ピッチの10倍の長さとし、各電機子ブロックのブロックコアに12個のティースを等ピッチで設け、磁極ピッチの $1/2$ の寸法の間隔を各電機子ブロック間に設けて推力方向に配列し、各電機子ブロックのブロックコアのティースを3個ずつのグループとし、第1の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに正方向巻きU相コイル、正方向巻きV

相コイル、逆方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第2の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに正方向巻きv相コイル、逆方向巻きu相コイル、逆方向巻きw相コイル、正方向巻きu相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、電機子ブロック数が2を超える場合は上記を繰り返して電機子コイルを巻き込み2相結線としたことを特徴とする請求項1記載のリニアモータ。

【請求項9】 $2 \times d$ (d =整数)個の電機子ブロックを用い、各電機子ブロックの推力方向の長さを界磁磁極ピッチの10倍の長さとし、各電機子ブロックのブロックコアに12個のティースを等ピッチで設け、磁極ピッチの1/2の寸法の間隙を各電機子ブロック間に設けて推力方向に配列し、各電機子ブロックのブロックコアのティースを2個ずつのグループとし、第1の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに正方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイル、正方向巻きw相コイル、逆方向巻きu相コイル、正方向巻きv相コイル、逆方向巻きw相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第2の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに正方向巻きv相コイル、正方向巻きw相コイル、逆方向巻きu相コイル、正方向巻きv相コイル、逆方向巻きw相コイル、逆方向巻きu相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、電機子ブロック数が2を超える場合は上記を繰り返して電機子コイルを巻き込み3相結線としたことを特徴とする請求項1記載のリニアモータ。

【請求項10】 $3 \times e$ (e =整数)個の電機子ブロックを用い、各電機子ブロックの推力方向の長さを界磁磁極ピッチの10倍の長さとし、各電機子ブロックのブロックコアに12個のティースを等ピッチで設け、磁極ピッチの2/3の寸法の間隙を各電機子ブロック間に設けて推力方向に配列し、各電機子ブロックのブロックコアのティースを3個ずつのグループとし、第1の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに正方向巻きu相コイル、正方向巻きv相コイル、逆方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第2の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに逆方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイル、正方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第3の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに逆方向巻きv相コイル、正方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイル、正方向巻きu相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、電機子ブロック数が3を超える場合は上記を繰り返して電機子コイルを巻き込み2相結線としたことを特徴とする請求項1記載のリニアモータ。

【請求項11】 $3 \times f$ (f =整数)個の電機子ブロックを用い、各電機子ブロックの推力方向の長さを界磁磁極ピッチの10倍の長さとし、各電機子ブロックのブロックコアに12個のティースを等ピッチで設け、磁極ピッチの2/3の寸法の間隙を各電機子ブロック間に設けて推力方向に配列し、各電機子ブロックのブロックコアのティースを2個ずつのグループとし、第1の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに正方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイル、正方向巻きw相コイル、逆方向巻きu相コイル、正方向巻きv相コイル、逆方向巻きw相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第2の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに正方向巻きv相コイル、逆方向巻きw相コイル、正方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイル、正方向巻きw相コイル、逆方向巻きu相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第3の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに正方向巻きw相コイル、逆方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイル、正方向巻きw相コイル、逆方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、電機子ブロック数が3を超える場合は上記を繰り返して電機子コイルを巻き込み3相結線としたことを特徴とする請求項1記載のリニアモータ。

【請求項12】 $3 \times g$ (g =整数)個の電機子ブロックを用い、各電機子ブロックの推力方向の長さを界磁磁極ピッチの10倍の長さとし、各電機子ブロックのブロックコアに12個のティースを等ピッチで設け、磁極ピッチの1/3の寸法の間隙を各電機子ブロック間に設けて推力方向に配列し、各電機子ブロックのブロックコアのティースを3個ずつのグループとし、第1の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに正方向巻きu相コイル、正方向巻きv相コイル、逆方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第2の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに正方向巻きv相コイル、正方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイル、逆方向巻きu相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第3の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに逆方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイル、正方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、電機子ブロック数が3を超える場合は上記を繰り返して電機子コイルを巻き込み2相結線としたことを特徴とする請求項1記載のリニアモータ。

【請求項13】 $3 \times h$ (h =整数)個の電機子ブロックを用い、各電機子ブロックの推力方向の長さを界磁磁極ピッチの10倍の長さとし、各電機子ブロックのブロックコアに12個のティースを等ピッチで設け、磁極ピッチの1/3の寸法の間隙を各電機子ブロック間に設けて推力方向に配列し、各電機子ブロックのブロックコアのティースを2個ずつのグループとし、第1の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに正方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイル、正方向巻きw相コイル、逆方向巻きu相コイル、正方向巻きv相コイル、逆方向巻きw相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第2の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに逆方向巻きw相コイル、正方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイル、正方向巻きw相コイル、逆方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第3の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに正方向巻きv相コイル、逆方向巻きw相コイル、正方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイル、正方向巻きw相コイル、逆方向巻きu相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、電機子ブロック数が3を超える場合は上記を繰り返して電機子コイルを巻き込み3相結線としたことを特徴とする請求項1記載のリニアモータ。

【請求項14】 前記電機子ブロックを構成するブロックコアは、片側に形成した係合突起と反対側にこの係合突起に嵌合するように形成した係合部を有してなる総鉄部と、各電機子コイルを巻回するティースとからなるコアセグメント

ントで構成され、このコアセグメントを順次結合してなるブロックコア列の長手方向を両側から挟みこむようにそれぞれ界磁磁極を配列したことを特徴とする請求項1～13のいずれか1項記載のリニアモータ。

【請求項15】 前記電機子ブロックを構成するブロックコアは、下端部がティース部を形成して上端部が継鉄部を形成するT字状のコアセグメントの複数の継鉄部で相互に連接させたブロックコアを備えることを特徴とする請求項1～14のいずれか1項記載のリニアモータ。

【請求項16】 前記電機子ブロック間の間隙において、ブロックコアの継鉄部間を磁性体製の間隔片で支持し、この間隔片上の空間に温度センサをモールド支持したことを特徴とする請求項1～15のいずれか1項記載のリニアモータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、工作機のテーブル送りなどのアクチュエータや搬送機器に用いられるリニアモータに関する。

【0002】

【従来の技術】従来のムービングコイル形のリニアモータにあっては、図30に示す様に、固定部に設けた界磁永久磁石41と、この界磁永久磁石41と対向する櫛歯状の電機子コア42を備え、電機子コア42に複数のティース44を設け、そこに分布巻きにした電機子コイル43を巻装していた。この電機子コイル43を巻装する電機子コア42は、相数を n 、界磁永久磁石41の数を p 、1極あたりに対向するティース44の数を q とすれば、電機子コア42に設けるティース44の数 N は、 $N=n \times p \times q$ であり、このティース数を推力方向 X に等間隔で設けた電機子コア42に電機子コイル43の3相巻線 U 、 V 、 W を、少なくとも2以上のティースピッチとなるコイル飛びによって設けていた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】このため、従来のムービングコイル形のリニアモータは、移動する電機子コアの磁気回路がエンドレスになっておらず、両端で開放されているため、電機子推力方向の両端のスロットは、中央部分のスロットと異なり、1個のコイルだけを収納しており、このスロットによって端効果が発生し、界磁磁石の磁極ピッチの中に1周期のコギングトルク TC を生じ、推力ムラを発生させていた。また、コイルの温度管理をするために、コイルを収納したスロット内に温度センサを挿入する場合は、スロットを大きくする必要があり、電機子コアが大きくなり巻線の占積率を低下させる欠点がある。このため、リニアモータではコイルの両端に温度センサを設けるようにしているが、コイル中央部の温度測定ができないので、精度の高い温度検出が得られなかった。そこで本発明は、コギング推力の発生を抑え、電機子の推力方向長さを短縮でき、しかもコイル温度検出精度を向上できるリニアモータを提供することを目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1記載の発明によれば、等ピッチで配列した界磁磁極と、この界磁磁極と対面する電機子とを備え、この電機子は複数の電機子ブロックに分割して推力の方向に配列しており、各電機子ブロックのブロックコアは、等ピッチで配列された相数の整数倍のティースと前記ティースに集中巻きた電機子コイルとが設けられ、前記電機子ブロック間には、磁極ピッチを電機子ブロック数で除した値の整数倍の電気角に対応する間隙が設けられ、各電機子ブロックの電機子コイルの相互を、電機子ブロック間の間隙に対応する電気角で位相をずらして巻装してなるリニアモータを特徴としている。また、請求項2記載の発明によれば、電機子のブロック数を3の整数倍とし、各電機子ブロック間に磁極ピッチの $2/3$ の寸法の間隙を設け、各電機子ブロックのブロックコアには $3 \times a$ (a = 整数) 個のティースを等ピッチで設け、電機子ブロック当たりの界磁磁極数を $2 \times a$ (a = 整数) として等ピッチで配列し、第1の電機子ブロックのブロックコアのティースの全てに U 相コイル、 V 相コイル、 W 相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第2の電機子ブロックのブロックコアのティースの全てには V 相コイル、 W 相コイル、 U 相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第3の電機子ブロックのブロックコアのティースの全てには W 相コイル、 U 相コイル、 V 相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、電機子ブロック数が3を超える場合は上記のティース配列を繰返して行い、各電機子ブロックの各相コイルを3相平衡結線したことを特徴としている。また、請求項3記載の発明によれば、電機子のブロック数を3の整数倍とし、各電機子ブロック間に磁極ピッチの $1/3$ の寸法の間隙を設け、各電機子ブロックのブロックコアには $3 \times a$ (a = 整数) 個のティースを等ピッチで設け、電機子ブロック当たりの界磁磁極数を $2 \times a$ (a = 整数) として等ピッチで配列し、第1の電機子ブロックのブロックコアのティースの全てに U 相コイル、 V 相コイル、 W 相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第2の電機子ブロックのブロックコアのティースの全てには第1の電機子ブロックとは巻き方向を逆にして W 相コイル、 U 相コイル、 V 相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第3の電機子ブロックのブロックコアのティースの全てには V 相コイル、 W 相コイル、 U 相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、電機子ブロック数が3を超える場合は上記のティース配列を繰返して行い、各電機子ブロックの各相コイルを3相平衡結線したことを特徴としている。また、請求項4記載の発明によれば、3個の電機子ブロックを用い、各電機子ブロックの推力方向の長さを界磁磁極ピッチの10倍の長さとし、各電機子ブロックのブロックコアに9個のティースを等ピッチで設け、磁極ピッチの $2/3$ の寸法の間隙を各電機子ブロック間に設けて推力方向に配列し、各電機子ブロックのブロックコアのテ

<http://www6.ipdl.inpit.go.jp/Tokujitu/tjitemcnt.ipdl>

方向巻きv相コイル、正方向巻きW相コイル、逆方向巻きu相コイル、正方向巻きv相コイル、逆方向巻きw相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第2の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに正方向巻きv相コイル、逆方向巻きw相コイル、正方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイル、正方向巻きW相コイル、逆方向巻きu相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第3の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに正方向巻きW相コイル、逆方向巻きu相コイル、正方向巻きv相コイル、逆方向巻きw相コイル、正方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、電機子ブロック数が3を超える場合は上記を繰り返して電機子コイルを巻き込み3相結線としたことを特徴としている。また、請求項12記載の発明によれば、 $3 \times g$ (g = 整数) 個の電機子ブロックを用い、各電機子ブロックの推力方向の長さを界磁磁極ピッチの10倍の長さとし、各電機子ブロックのブロックコアに12個のティース等をピッチで設け、磁極ピッチの1/3の寸法の間隙を各電機子ブロック間に設けて推力方向に配列し、各電機子ブロックのブロックコアのティースを3個ずつのグループとし、第1の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに正方向巻きu相コイル、正方向巻きv相コイル、逆方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第2の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに正方向巻きu相コイル、正方向巻きv相コイル、逆方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第3の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに逆方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイル、正方向巻きu相コイル、正方向巻きv相コイル、逆方向巻きu相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、電機子ブロック数が3を超える場合は上記を繰り返して電機子コイルを巻き込み2相結線としたことを特徴としている。また、請求項13記載の発明によれば、 $3 \times h$ (h = 整数) 個の電機子ブロックを用い、各電機子ブロックの推力方向の長さを界磁磁極ピッチの10倍の長さとし、各電機子ブロックのブロックコアに12個のティース等をピッチで設け、磁極ピッチの1/3の寸法の間隙を各電機子ブロック間に設けて推力方向に配列し、各電機子ブロックのブロックコアのティースを2個ずつのグループとし、第1の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに正方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイル、正方向巻きu相コイル、正方向巻きv相コイル、逆方向巻きw相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第2の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに逆方向巻きw相コイル、正方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイル、正方向巻きW相コイル、逆方向巻きu相コイル、正方向巻きv相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第3の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに正方向巻きv相コイル、逆方向巻きw相コイル、正方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイル、正方向巻きW相コイル、逆方向巻きu相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、電機子ブロック数が3を超える場合は上記を繰り返して電機子コイルを巻き込み3相結線としたことを特徴としている。また、請求項14記載の発明によれば、前記電機子ブロックを構成するブロックコアは、片側に形成した係合突起と反対側にこの係合突起に嵌合するように形成した係合部を有してなる磁鉄部と、各電機子ブロックを巻回するティースとからなるコアセグメントで構成され、このコアセグメントを順次結合してなるブロックコア列の長手方向を両側から挟みこむようにそれぞれ界磁磁極を配列したことを特徴としている。また、請求項15記載の発明によれば、前記電機子ブロックを構成するブロックコアは、下端部がティース部を形成して上端部が磁鉄部を形成するT字状のコアセグメントの複数の磁鉄部が相互に連接させたブロックコアを備えることを特徴としている。また、請求項16記載の発明によれば、電機子ブロック間の間隙において、ブロックコアの磁鉄部分を磁性体製の間隔片で支持し、この間隔片上の空間に温度センサをモールド支持したことを特徴としている。

【0005】

【発明の実施の形態】リニアモータは、界磁磁極と、この界磁磁極と対面する電機子とを備え、その何れか一方を固定子、他方を可動子として用いる。本発明によれば、リニアモータに発生するコギング推力を抑えるため、電機子を複数に分割して、分割した電機子ブロック間に位相差を持たせて、発生したコギング推力を電機子ブロック間で相殺させる。このため、電機子コイルを集中巻とし、磁極ピッチを電機子ブロック数で除いた値の整数倍の電気角に対応する間隙を電機子ブロック間に設け、電機子コイルの相互を電機子ブロック間の間隙に対応する電気角で位相をずらして配置する。

【0006】次に、図に基づいて、本発明の実施の形態を説明する。図1は、第1の実施の形態を示すもので、電機子ブロック数3、各電機子ブロック当たりのティース数9、電機子ブロック当たりの界磁磁極数6の場合を示している。界磁磁極1は永久磁石からなり、固定子2側に等ピッチで設けられている。固定子2の上には、可動子形成する電機子3が設けられている。電機子3は、第1の電機子ブロック4と第2の電機子ブロック5と第3の電機子ブロック6とを備え、電機子ブロック間には間隔片7をもうけて間隙を維持している。この場合の間隙寸法は、磁極ピッチ P_m の2/3である。各電機子ブロック4、5、6と間隔片7とは推力方向に配列されて固定子2によって位相的に保持されている。電機子ブロック4、5、6のブロックコア9には、それぞれ等しいティースピッチ P_t で配列した9個のティース10が設けられている。各ティース10には、集中巻の電機子コイル11が巻き込まれる。界磁磁極1は、永久磁石でできている。巻線励磁方式であっても良く、電機子3の推力方向の全長にリニアモータストロークを加えた長さの固定子2の全長にわたり等ピッチでティース P_t で配列される。磁極ピッチ P_m は、電気角180°であるので、間隙寸法 $P_m \times 2/3$ は電気角120°となる。そこでティースピッチ P_t を電気角120°とする。そのため、電機子ブロック4、5、6の電機子コイル配置は図2(A)に示す様になる。即ち、第1の電機子ブロック4では、U相コイル、V相コイル、W相コイルの順序で電機子コイル11を巻き込み、第2の電機子ブロック5では、V相コイル、W相コイル、U相コイルの順序で巻き込み、第3の電機子ブロック6では、W相コイル、U相コイル、V相コイルの順序で電機子コイル11を巻き込み、電機子ブロック数が3を超えて、6ブロック、9ブロック、12ブロック等となった場合

は、上記の配列を繰り返して行い各相コイルを3相平衡結線する。このように電機子コイル11を設けると、電機子3の推力方向のコイル配置は図2(b)のごとくなり、第1の電機子ブロック4の最後のコイルW相の次には電気角120°の間隔片7が有ってU相部分を含めるので、第2の電機子ブロック5の電機子コイル11の巻き始めはV相となる。同様に、第3の電機子ブロック6の電機子コイル11の巻き始めはW相になる。図3は、上記の構成によって生ずるコギング推力の状況を示す。図において、TC1は、第1の電機子ブロック4によって生ずるコギング推力、TC2は第2の電機子ブロック5によって生ずるコギング推力、TC3は、第3の電機子ブロック6によって生ずるコギング推力であって、三者の合成によってコギング推力が相殺されることが判る。

【0007】図4は、第2の実施の形態を示すもので、電機子ブロック数3、各電機子ブロック当たりのティース数9、電機子ブロック当たりの界磁磁極数6の場合を示している。界磁磁極1は永久磁石からなり、固定子2側に等ピッチで設けられている。固定子2の上には、可動子を形成する電機子3が設けられている。電機子3は、第1の電機子ブロック4と第2の電機子ブロック5と第3の電機子ブロック6とを備え、電機子ブロック間には間隔片7をもうけて間隙を維持している。この場合の間隙寸法は、磁極ピッチ P_m の1/3である。各電機子ブロック4、5、6と間隔片7とは推力方向に配列されて固定手段8によって一体的に保持されている。電機子ブロック4、5、6のブロックコア9には、それぞれ等しいティースピッチ P_t で配列した9個のティース10が設けられている。各ティース10には、集中巻の電機子コイル11が巻き込まれる。界磁磁極1は、永久磁石式であっても、巻線励磁式であっても良く、電機子3の推力方向の全長にリニアモータストロークを加えた長さの固定子2の全長にわたり等ピッチ P_m で配列される。磁極ピッチ P_m は、電気角180°であるので、間隙寸法 $P_m \times 1/3$ は電気角で60°となる。また、ティースピッチ P_t を電気角120°とする。そのため、各電機子ブロック4、5、6の電機子コイル配置は図5(a)に示すようになる。即ち、第1の電機子ブロック4では、U相コイル、V相コイル、W相コイルの順序で電機子コイル11を巻き込み、第2の電機子ブロック5では、第1の電機子ブロックの巻き方向とは逆向きにW相コイル、U相コイル、V相コイルの順序で巻き込み、第3の電機子ブロック6では、V相コイル、W相コイル、U相コイルの順序で電機子コイル11を巻き込み、電機子ブロック数が3を超えて、6ブロック、9ブロック、12ブロック等となった場合は、上記の配列を繰り返して行い各相コイルを3相平衡結線する。このように電機子コイル11を設けると、電機子3の推力方向のコイル配置は図5(b)のごとくなり、第1の電機子ブロック4の最後のコイルW相の次には電気角60°の間隔片7が有るので、第2の電機子ブロック5の電機子コイル11の巻き始めは、第1の電機子ブロックの巻き方向とは逆向きのW相となる。同様に、第3の電機子ブロック6の電機子コイル11の巻き始めはV相になる。図6は、上記の構成によって生ずるコギング推力の状況を示す。図において、TC1は、第1の電機子ブロック4によって生ずるコギング推力、TC2は第2の電機子ブロック5によって生ずるコギング推力、TC3は、第3の電機子ブロック6によって生ずるコギング推力であって、三者の合成によってコギング推力が相殺されることが判る。

【0008】図7は、第3の実施の形態を示すリニアモータの縦断面図である。この実施の形態では第1の実施の形態と同様に、電機子3は、ブロックコア9に9個のティース10を備える第1、第2、第3の電機子ブロック4、5、6を有し、電機子ブロック間には磁極ピッチ P_m の2/3(電気角で120°)の寸法の間隔片7を配して電機子ブロックを離間させて固定手段8によって一体に保持している。しかしながら、固定子2に設けた界磁磁極1は各電機子ブロック当たり10個とされている。そして、図8(a)に示す様に、3個のティースをグループとして、第1の電機子ブロック4には、電気子コイルに120°の位相ずれを持たせるため、U相コイル、W相コイル、V相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第2の電機子ブロック5には、V相コイル、U相コイル、W相コイルの順序で、第3の電機子ブロック6には、W相コイル、V相コイル、U相コイルの順序で電機子コイル11を巻き込む。この際の推力方向のコイルと間隔片7の配置は図8(b)に示す通りになる。この実施の形態の場合も、第1、第2、第3の電機子ブロックの端効果によって生じるコギング推力TC1、TC2、TC3は、図9に示す通り120°の位相差を生じ、それらの和は零になり、打ち消される。

【0009】図10は、第4の実施の形態によるリニアモータの縦断面図である。この実施の形態の場合、固定子2に設けた界磁磁極1の数が、電機子ブロック当たり10個である点、並びに、電機子3のブロックコア9のティース10の数が9個である点が上記第3の実施の形態と同じである。異なる点は、第1、第2、第3の電機子ブロック4、5、6間の間隔片12の寸法を磁極ピッチ P_m の1/3とした点と、電機子3の固定手段13の推力方向の寸法が短縮された点である。つまり、各電機子ブロックを電気角で60°ずらした例が示されている。このため、電機子コイル配置は、図11(a)に示すように、第1の電機子ブロック4では、U相コイル、W相コイル、V相コイルの順序で端から順次巻き込み、第2の電機子ブロック5では、第1の電機子ブロック4と電気角で60°の位相をずらせるために、コイルの巻き方向を逆にしたW相コイル、V相コイル、U相コイルを順次巻き込み、第3の電機子ブロック6では、第2の電機子ブロック5と60°の位相差をずらすため、第1の電機子ブロック4のコイルと同一巻き方向のV相コイル、U相コイル、W相コイルの順序で巻き込む。かくして巻き込まれた電機子コイルの推力方向の配列が図11(b)に示されている。この電機子コイル配列によって、第1の電機子ブロック4に生ずるコギング推力TC1、第2の電機子ブロック5に生ずるコギング推力TC2、および第3の電機子ブロック6に生ずるコギング推力TC3は、それぞれ図12に示すとおり60°の位相差となり、その総和は零となり、コギング推力は打ち消される。

【0010】図13は、第5の実施の形態によるリニアモータの縦断面図である。この実施の形態にあっては、固定子2に設けた界磁磁極1の寸法配列並びに、ティース10の数を含めたブロックコア9の寸法構造が上記第4の実施の形態と同一であるが、電機子3が第1の電機子ブロック4と第2の電機子ブロック5の二分割構造となった点、電機子ブロック間の間隙即ち間隔片14の幅寸法が磁極ピッチ P_m の1/2となった点、並びに固定手段15が1電機

子ブロック短縮された点異なる。そこで、各電機子ブロックには、図14(a)に示す電機子コイル配置が採用される。即ち、第1の電機子ブロック4には、9個のティース10を3個のグループに分けて、U相コイル、W相コイル、V相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第2の電機子ブロック5では、第1、第2のティースにはそれぞれW相コイル、第3、第4、第5のティースにはそれぞれV相コイル、第6、第7、第8のティースにはそれぞれU相コイル、第9のティースにはW相コイルを巻き込む。この場合の電機子コイルと間隔片14の推力方向の配列が図14(b)に示されている。この構成により、図15に示す様に、第1の電機子ブロック4によるコギング推力TC1と、第2の電機子ブロック5によるコギング推力TC2とは、相互に90°の位相差となり、その和は零となり、打ち消される。また、図16は本実施の形態による循環電流を説明するベクトル図である。第1の電機子ブロック4と第2の電機子ブロックの同相のコイルを直列に接続することにより、図16に示されるように、両電機子ブロックに生ずる起磁力ベクトルの位相がベクトル合成されて、循環電流をなくすることができる。

【0011】図17は、第6の実施の形態を示す。この場合、第5の実施の形態の電機子コイル部分のみを変更した例が示されている。即ち、第1の電機子ブロック4においては、3個ずつのティースグループにU相コイル、W相コイル、V相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第2の電機子ブロック5には、V相コイル、U相コイル、W相コイルを巻き込むことにより、90°の位相差で3相平衡結線することができる。この場合の、電機子コイルと間隔片14の推力方向配列を図17(b)に示す。この実施の形態の場合も、図15に示す様に90°位相異なる第1の電機子ブロックのコギング推力TC1と第2の電機子ブロックのコギング推力TC2とは相殺される。また、第5の実施の形態同様に、起磁力ベクトルの合成により、循環電流を無くすることができる。

【0012】図18は、第7の実施の形態を示す。この実施の形態の場合、図18(a)に示す通り、電機子3の分割数は2であり、第1の電機子ブロック16と第2の電機子ブロック17のブロック19には12個のティース20が設けられ、ティースピッチPtは150°に設定される。両電機子ブロック16、17間には磁極ビッチPmの1/2の間隙が設けられ、そこに間隔片21を設けて、固定手段22によって一体に保持されている。固定子21に配列される界磁磁極1は、電機子ブロック当たり10個設けられる。即ち、電機子ブロック16、17の推力方向の長さは磁極ビッチPmの10倍の長さとなる。ここで、第1の電機子ブロック16に設けられる電機子コイル23は、図19に示す様に、3個のティースのグループ毎に正方向巻きU相コイル、正方向巻きV相コイル、逆方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイルの順序で巻き込まれる。第2の電機子ブロック17には図19に示す様に、正方向巻きV相コイル、逆方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイル、正方向巻きU相コイルが巻き込まれ、両電機子ブロックの電機子コイルが2相結線される。この場合の推力方向の電機子コイル配置は、図18(b)の様に示す。その結果、両電機子ブロックの位相差は90°となり、図15に示す場合と同様に、コギング推力は打ち消されて零となる。

【0013】第7の実施の形態の電機子ブロックに3相の電機子コイルを施した第8の実施の形態について説明する。この場合、各電機子ブロックのティースを2個ずつのグループとし、図20に示す様に、第1の電機子ブロック16には、正方向巻きU相コイル、逆方向巻きv相コイル、正方向巻きW相コイル、逆方向巻きu相コイル、正方向巻きV相コイル、逆方向巻きw相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第2の電機子ブロック17には、正方向巻きV相コイル、正方向巻きW相コイル、逆方向巻きu相コイル、正方向巻きV相コイル、逆方向巻きw相コイル、正方向巻きU相コイル、逆方向巻きv相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み3相結線とする。この場合の電機子コイルの推力方向の配列が図18(c)に示されている。この実施の形態の場合も電機子ブロック間の位相差は90°であるので、コギング推力は、図15に示す場合と同様に零となる。

【0014】図21(a)は、第9の実施の形態によりアモータの縦断面図である。この実施の形態の場合、固定子2に設けた界磁磁極1の数は電機子ブロック当たり10個、電機子3の分割数は3で、第1、第2、第3の電機子ブロック16、17、18の各ブロック19は12個のティース(ティースピッチPtは電気角150°)を持っている。そして、電機子ブロック間には磁極ビッチPmの2/3の寸法の間隔片24を開挿して固定手段25によって三組の電機子ブロックを一体保持している。この実施の形態では、図22に示す様に3個のティース20をグループとして、正方向巻きU相コイル、正方向巻きV相コイル、逆方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第2の電機子ブロックのブロックのティースグループに逆方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイル、正方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイル、逆方向巻きu相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第3の電機子ブロックのブロックのティースグループに逆方向巻きv相コイル、正方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイル、正方向巻きU相コイル、正方向巻きV相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み2相結線とする。この電機子コイルの推力方向の配列が図21(b)に示されている。この実施の形態の電機子ブロック間の位相差は120°であり、図9に示す場合と同様に、第1、第2、第3の電機子ブロックによるコギング推力TC1、TC2、TC3の和は零となり、打ち消される。

【0015】次に、第9の実施の形態の電機子3を用いて3相式とした第10の実施の形態について説明する。図23に示す様に、ティース2個をグループとし、第1の電機子ブロックのブロックのティースグループに正方向巻きU相コイル、逆方向巻きv相コイル、正方向巻きW相コイル、逆方向巻きu相コイル、正方向巻きV相コイル、逆方向巻きw相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第2の電機子ブロックのブロックのティースグループに正方向巻きV相コイル、逆方向巻きw相コイル、正方向巻きU相コイル、逆方向巻きv相コイル、正方向巻きW相コイル、逆方向巻きu相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第3の電機子ブロックのブロックのティースグループに正方向巻きW相コイル、逆方向巻きu相コイル、正方向巻きV相コイル、逆方向巻きw相コイル、正方向巻きU相コイル、逆方向巻きv相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み3相結線とする。この実施の形態の場合

も、位相差が 120° で、図9に示すと同様に、コギング推力は等となる。

【0016】図24(a)は、第11の実施の形態によるリニアモータの縦断面図である。この実施の形態は、間隔片26、固定手段27並びに電機子コイル配置以外は、第9、第10の実施の形態と同一である。即ち、第1、第2、第3の電機子ブロック16、17、18間に設けられる間隔片26は、磁極ピッチ P_m の $1/3$ (電気角で 60°)であり、電機子ブロック16、17、18と間隔片26とは、固定手段27によって一体に保持される。電機子コイル23は、図25に示す様に、ティース3個をグループとして設けられ、第1の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに正方向巻きu相コイル、正方向巻きv相コイル、逆方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第2の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに正方向巻きv相コイル、正方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイル、逆方向巻きu相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第3の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに逆方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイル、正方向巻きu相コイル、正方向巻きv相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み2相結線する。この電機子コイルの推力方向配列が図24(b)に示されている。この構成によって、図12に示すごとくコギング推力は打ち消されて等になる。

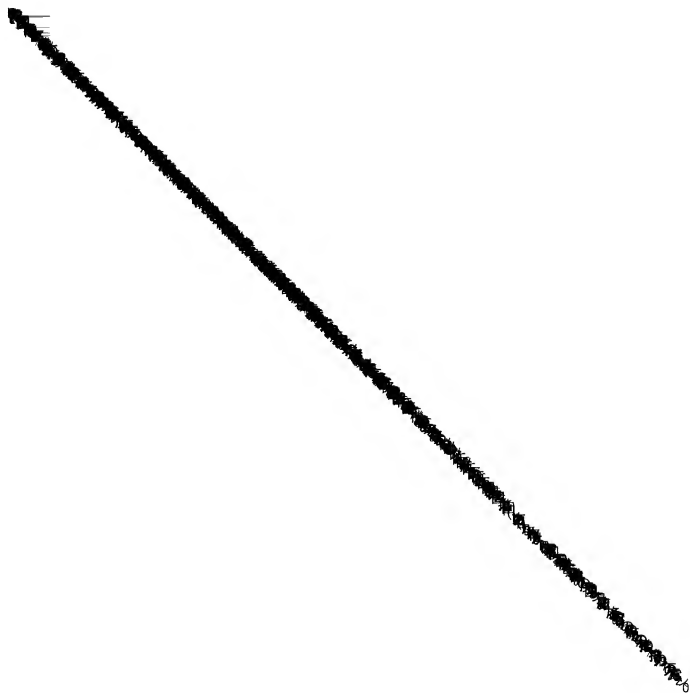
【0017】第12の実施の形態は、第11の実施の形態の電機子コイルを、3相結線としたものである。この場合、2個のティースをグループとして、図26に示す様に、第1の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに正方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイル、正方向巻きW相コイル、逆方向巻きu相コイル、正方向巻きv相コイル、逆方向巻きw相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第2の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに逆方向巻きw相コイル、正方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイル、正方向巻きW相コイル、逆方向巻きu相コイル、正方向巻きv相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み、第3の電機子ブロックのブロックコアのティースグループに正方向巻きv相コイル、逆方向巻きw相コイル、正方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイル、正方向巻きW相コイル、逆方向巻きu相コイル、逆方向巻きv相コイルの順序で電機子コイルを巻き込み3相結線する。この実施の形態の場合の推力方向の電機子コイル配列は、図24(c)に示されている。また、この実施の形態の電機子ブロック間の位相差は 60° であり、図12の場合と同様に、コギング推力は等となる。

【0018】図27はリニアモータの構造例を示すものであって、(a)は一部を破断したリニアモータの上面から見た平面図、(b)はリニアモータの推力方向と直角な面の縦断面図である。電機子ブロックを構成するブロックコア28は、片側に係合突起28bを形成し、反対側にこの係合突起28bにかみあう係合部28cを形成した継鉄部28aを備えており、継鉄部28aを順次嵌合連結している。また、ティース28dには、電機子コイル31を整列巻装して収納されている。さらに、電機子ブロック28はボルト29aを介してテーブル29iに保持されている。固定子32に保持された界磁磁極33はブロックコア列の長手方向に向かって両側の空隙を介して挟み込むように設けられている。30は電機子コイル31を冷却する冷却用の冷媒通路である。図28は、ブロックコアの形成例を示すもので、下端がティース部34を形成し、上端部が継鉄部35を形成するT字状のコアセグメント36の複数を、継鉄部35に設けた係合部37に係合突起38を嵌め合わせて相互に接続して、電機子コイル39を配列可能とした例を示す。図29は、図7に示す実施の形態において、第1、第2、第3の電機子ブロック間に設けた間隔片7の上部空間に温度センサ40を配置し、これを樹脂モールド40aで隣接する電機子コイルに接触保持させたものである。この様にすることにより、電機子コイルの内部温度を検出できる。

【0019】

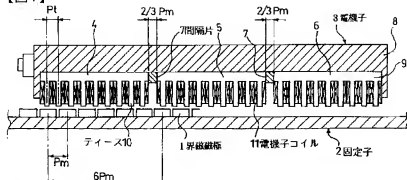
【発明の効果】以上の通り、本発明によれば、等ピッチで配列した界磁磁極と、この界磁磁極と対面する電機子とを備え、この電機子は複数の電機子ブロックに分割して推力の方向に配列してあり、各電機子ブロックのブロックコアは、等ピッチで配列された相数の整数倍のティースと前記ティースに集中巻きした電機子コイルとが設けられ、前記電機子ブロック間には、磁極ピッチを電機子ブロック数で除した値の整数倍の電気角に対応する間隙が設けられ、各電機子ブロックの電機子コイルの相互を、電機子ブロック間の間隙に対応する電気角で位相をずらした構成としたことにより、電機子ブロック相互間でコギング推力を相殺して零にすることができ、更に電機子ブロックを集中巻きとしたことにより、磁極の鎖交磁束が最大になり、高精度のリニアモータを提供できるものとなる。また、電機子ブロック間に間隙を設ける構造であるので、この部分に温度センサを設け、温度検出精度を向上できる。上記の基本効果の他、請求項2～4によれば、電機子ブロック間の間隙が磁極ピッチの $1/3$ または $2/3$ であるので、温度センサ設置自由度が向上する。また、請求項5によれば、電機子ブロック間の間隙が磁極ピッチの $1/3$ であるので、電機子の推力方向長さを短縮できる。請求項6～9の場合、最小2電機子ブロックとできるのにより、電機子を可動子とする場合に慣性の小さなリニアモータを得ることが出来、同一倍速を達成した場合には、循環電流の無い効率の良いリニアモータが得られる。請求項10、11では、大きな推力のリニアモータの設計に好都合であり、温度センサ設定自由度も高い。請求項12、13によれば、大きな推力のリニアモータの設計に好都合であると共に、間隙寸法の短縮分電機子の推力方向の長さを短縮できる。更に、請求項14によれば、リニアモータで小型化出来る。そして、請求項15によれば、ブロックコアの形成が簡単で自由度が高まり、請求項16によれば、温度センサを電機子コイルに密接させることが出来、温度検出精度を高めることが出来る。

【図面の簡単な説明】



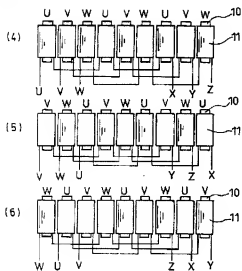
40 温度センサ

【図1】

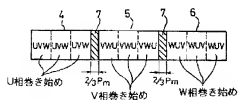


【図2】

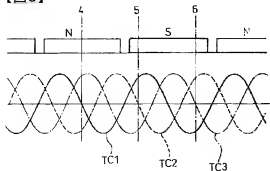
(a)

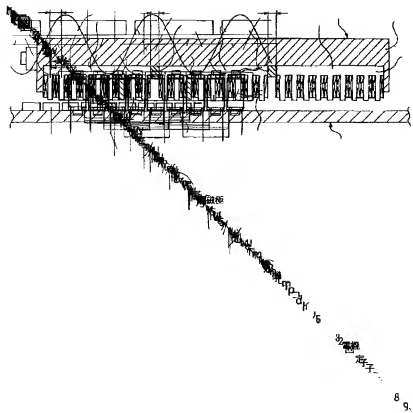


(b)



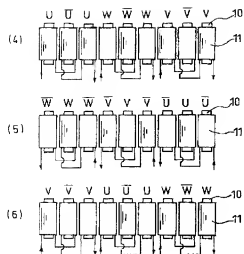
【図3】



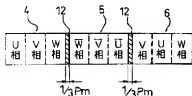


2020/02/16 16:20

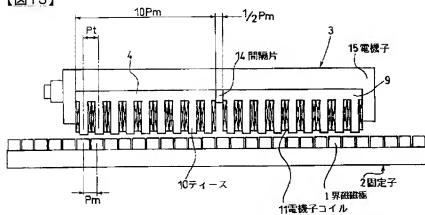
(a)



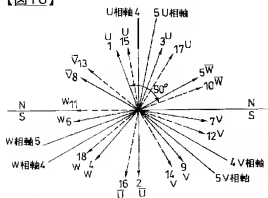
(b)



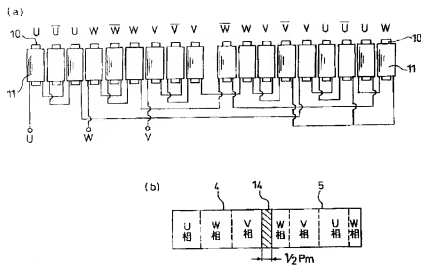
【図13】



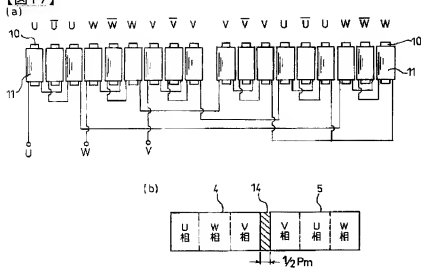
【図16】



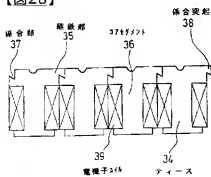
【図14】



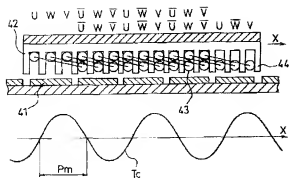
【図17】



【図28】

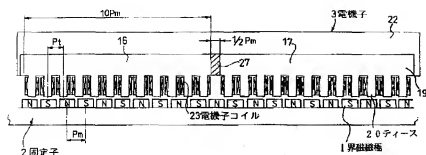


【図30】

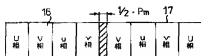


【図18】

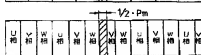
(a)



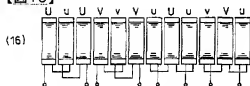
(b) 2相



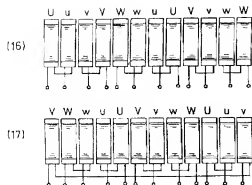
(c) 3相



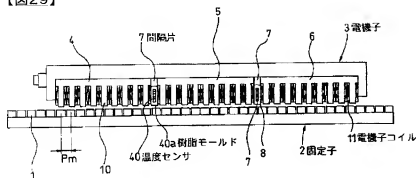
【図19】



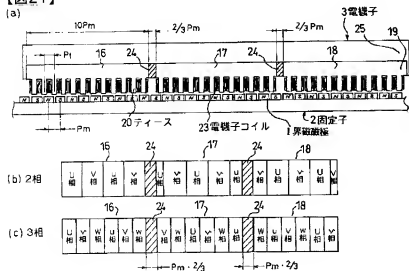
【図20】



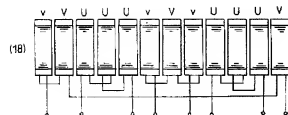
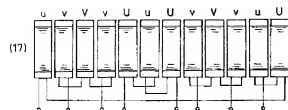
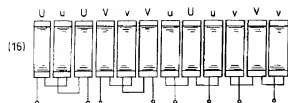
【図29】



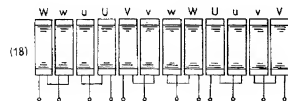
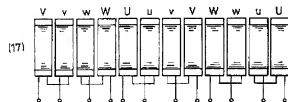
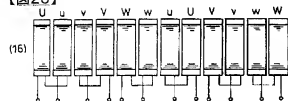
【図21】



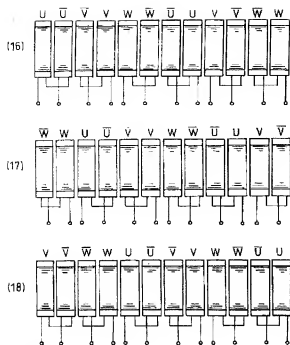
【図22】



【図23】



【図24】



【図 27】

